AUTOR
mgr inż. Rafał Borek
rafal.borek@o2.pl
Afiliacja: Wydział Zarządzania i Dowodzenia, AON

POWSTAWANIE I ROZPRZESTRZENIANIE ŚMIECI KOSMICZNYCH W ŚWIETLE PRZEPISÓW UNII EUROPEJSKIEJ

Słowa kluczowe: śmieci kosmiczne, ochrona satelitów, obserwacja obiektów kosmicznych

Wstęp

Dzięki rozwojowi technologicznemu na początku XX wieku w zakresie silników rakietowych na paliwo płynne wizja eksploracji kosmosu stawała się coraz bardziej możliwa. Pierwszym sztucznym obiektem, który osiągnął pułap kosmosu była niemiecka rakieta V2. Technologia ta dzięki zakończeniu II wojny światowej została przejęta przez Amerykanów i Rosjan. Naukowcy zajmujący się obserwacją kosmosu z Ziemi mogli oczekiwać, że w niedługim czasie pojawi się możliwość osiągnięcia zdolności technicznych wymaganych do wejścia i umieszczenia obiektu na orbicie okołoziemskiej i tak też się stało. 14 października 1957 roku Związek Radziecki umieścił na orbicie Ziemi swojego pierwszego sztucznego satelitę o nazwie Sputnik 1, co można uznać za początki eksploracji kosmosu.

Temat podboju przestrzeni kosmicznej stał się w tym czasie ważnym aspektem z uwagi na uwarunkowania polityczne oraz okres zimnej wojny. Znaczenie umieszczenia na orbicie pierwszego sztucznego satelity spowodowało, że USA przyspieszyły budowę własnego potencjału technologicznego tak, aby w jak najkrótszym czasie dorównać swojemu przeciwnikowi i dokonać podobnego czynu, który stałby się odpowiedzią na radzieckie osiągnięcia. Po niespełna 4 miesiącach od sukcesu ZSRR Amerykanie zdołali wystrzelić swój pierwszy próbnik Explorer. Następnym ważnym sukcesem ZSRR była misja WOSTOK 1, w czasie której Jurij Gagarin dokonał w dniu 12 kwietnia 1961 roku lotu orbitalnego dookoła Ziemi. Konsekwencje tego wydarzenia można uznać za początek „wyścigu kosmicznego", ponieważ USA ustanowiły wtedy, w swoim planie rozwoju sektora kosmicznego, że do końca dekady tj. do roku 1970 istota ludzka stanie na Księżycu.

21 lipca 1969 roku amerykańska misja Apollo 11 dotarła z sukcesem na jedynego naturalnego satelitę Ziemi.

Od tamtych wydarzeń minęło ponad pół wieku, wiele państw z sukcesem uruchomiło strategie rozwoju swoich sektorów kosmicznych w rezultacie czego nabyło kompetencje umożliwiające umieszczanie[1] na orbitach okołoziemskich sztucznych satelitów oraz loty załogowe i bezzałogowe w przestrzeni kosmicznej. Szacuje się, że do chwili obecnej odbyło się kilka tysięcy prób wystrzeleń rakiet (ponad 5 000), które osiągnęły swoim zasięgiem przestrzeń kosmiczną, wynosząc kilkanaście tysięcy ton ładunku.

Śmieci kosmiczne różnego rodzaju m.in.: pozostałości na orbitach po udanych lub nieudanych wyniesieniach obiektów, resztki pozostawiane przez kosmonautów w trakcie wychodzenia w przestrzeń, pozostałości rakiet wielostopniowych, nieczynne satelity, czy fragmenty po kolizji i pozostałości po eksplozji, nie były poważnie traktowane przez osoby odpowiedzialne za zasoby satelitarne.

Brak zainteresowania w tym zakresie wynikał z małej ilości własnych satelitów, niedostosowanych urządzeń astronomicznych, które służyły do badania głębokiego kosmosu i obserwacji obiektów poruszających się z małą prędkością kątową oraz braku incydentów (kolizji, defragmentacji satelitów itp.) mogących wpłynąć na zmianę tego trendu tak, aby uzasadnić rozwijanie zdolności w zakresie obserwacji i śledzenia obiektów na orbicie okołoziemskiej.

Jedyne publiczne informacje w tym zakresie dostarczało Dowództwo Obrony Północnoamerykańskiej Przestrzeni Powietrznej i Kosmicznej (*ang. NORAD – North American Aerospace Defense Command)*, które po raz pierwszy w 1970 roku opublikowało bazę danych wszystkich znanych startów rakiet i obiektów oraz elementów im towarzyszących (różnych osłon i części wielostopniowych rakiet i innych). Baza była prowadzona od czasu umieszczenia na orbicie Sputnika i występuje dziś jako Katalog Obiektów Kosmicznych.

Był to okres, w którym prowadzono już pierwsze testy antysatelitarnych systemów rakietowych (*ang. ASAT – anti satellite weapon*)[2], które przyczyniały się bezpośrednio do zwiększenia ilości śmieci na orbitach. W 1985 roku w USA w ramach takiego testu przeprowadzono próbę zniszczenia tonowego satelity znajdującego się na wysokości 525 km nad Ziemią. W rezultacie spowodowało to utworzenie setek mniejszych elementów, które mo-

[1] Obecnie zdolność wynoszenia elementów w przestrzeń kosmiczną posiadają: USA, Rosja, Unia Europejska (ESA – European Space Agency), Chiny, Japonia, Indie, Ukraina, Brazylia. Ponadto kraje, takie jak: Izrael, Pakistan, Korea Płd. i Iran rozwijają swoje zdolności przystosowując infrastrukturę do możliwości wynoszenia obiektów w przestrzeń kosmiczną.

[2] *Office of Technology Assessment: Ballistic Missile Defense Technologies*. University Press of Pacific, Honolulu, Hawaje, 2002, s. 187.

gły istotnie wpłynąć na bezpieczeństwo sztucznych satelitów lub infrastruktury na Ziemi w przypadku niekontrolowanego przejścia większego elementu przez atmosferę.

Amerykański astrofizyk – Donald Kessler, zajmował się określaniem zmian występujących w strukturze pasa planetoid. Prowadził analizy mające m.in. na celu określenie wzrostu liczby planetoid w wyniku ich zderzeń oraz próbował określać ich czas życia w przestrzeni kosmicznej z uwagi na oddziaływanie grawitacji powodujące deorbitację i w późniejszej fazie spalenie w atmosferze. Jego prace stały się dobrą podstawą do określenia, w jakim zakresie i kiedy problem śmieci kosmicznych nabierze znaczenia i zainteresuje osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo infrastruktury na orbicie i na Ziemi. Określa się go mianem człowieka, który podjął się jako pierwszy tematu wpływu śmieci kosmicznych na siebie i na obiekty wyniesione przez człowieka w kosmosie.

Zakończenie misji każdego satelity powinno być jego kontrolowaną deorbitacją i spaleniem się w atmosferze. Niestety z uwagi na gabaryty niektórych satelitów zdarzało się, że obiekty te w trakcie deorbitacji nie do końca ulegały spaleniu, docierając do powierzchni Ziemi w postaci większych lub mniejszych kawałków, stanowiąc bezpośrednie zagrożenie[3]. Istnieje ponadto grupa satelitów, które wyposażone zostały w sensory radarowe. Zasada działania takich urządzeń polega na wytwarzaniu dużych mocy wystarczających do uzyskania odpowiednich impulsów elektromagnetycznych, w wyniku odbicia których wykrywa się obiekty na Ziemi[4]. Do uzyskania dostatecznej ilości energii bardzo często wykorzystywano reaktory jądrowe, które zawierały znaczne ilości radioaktywnego paliwa na pokładzie. 24 stycznia 1978 roku jeden z radzieckich satelitów rozpoznawczych o nazwie KOSMOS 954 w trakcie nieudanego wyniesienia na dalszą orbitę niekontrolowanie wszedł w atmosferę na terenie północno-zachodniej Kanady, rozpraszając materiał radioaktywny na powierzchni 124 tys. kilometrów kwadratowych[5].

Czynniki mające wpływ na wzrost ilości śmieci w przestrzeni kosmicznej

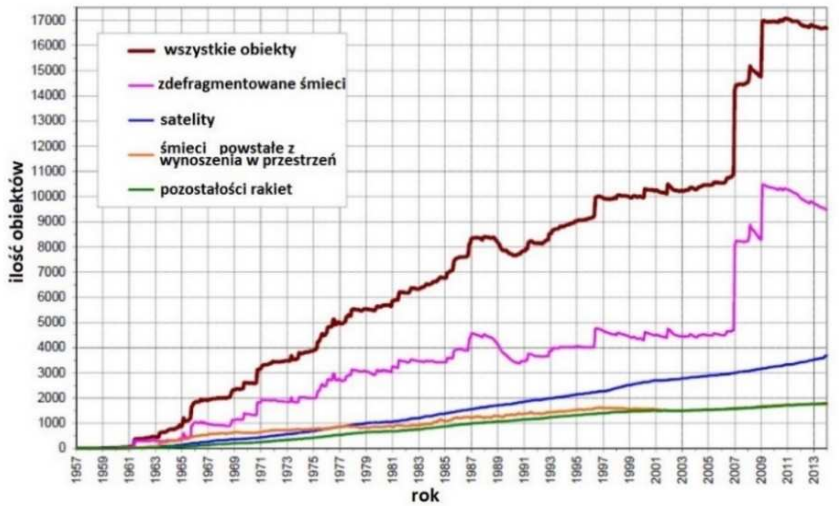
Obecnie szacuje się, że na orbicie okołoziemskiej do wysokości ok. 40 tys. km nad powierzchnią ziemi znajduje się już ponad 20 000 elementów

[3] 11 lipca 1977 roku nieczynna amerykańska stacja kosmiczna SKyLab zaczęła gwałtownie spadać ze swojej orbity, spalając się częściowo w atmosferze. Jej szczątki dotarły do Ziemi, jeden z odłamków trafił zwierzę gospodarcze – krowę, zabijając ją na miejscu.

[4] np. nasłuch okrętów podwodnych.

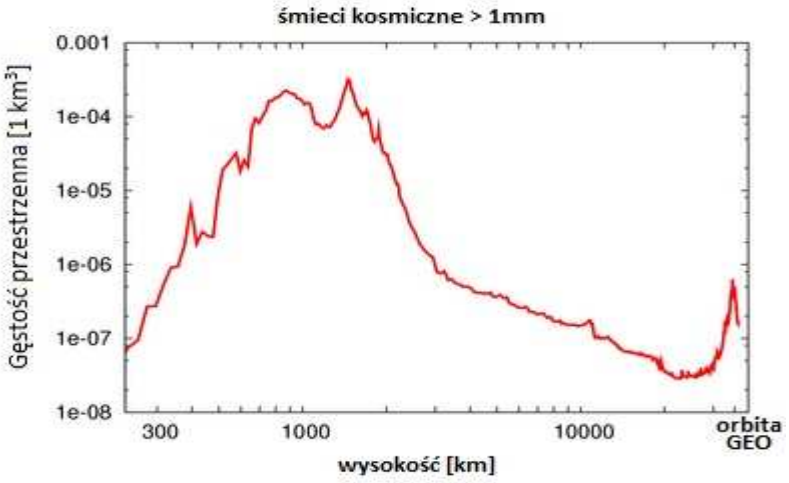
[5] http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1977-090A [dostęp: 12.03.2016].

sklasyfikowanych w rozmiarze większym niż 10 cm, ponad 500 000 w rozmiarach 1-10 cm oraz około 100 mln mniejszych od 1 cm. Obiekty-śmieci powyżej 10 cm są rutynowo katalogowane przez Amerykańską Sieć Obserwacji Przestrzeni Kosmicznej (*ang. United States Space Surveillance Network*) i przekazywane do NASA. Ich pozycja jest stale aktualizowana (monitoruje się ponad 8 000) ze względu na duże zagrożenie, jakie stanowią w przypadku kolizji z innymi obiektami na orbicie. Obecny poziom technologiczny pozwala na wykrycie obiektów o rozmiarze min. 3 mm średnicy, natomiast ilość mniejszych śmieci szacowana jest na podstawie badań powierzchni statków kosmicznych, które są stale bombardowane przez nie na orbicie, a następnie powróciły na Ziemię po określonych misjach. Rozkład obiektów kosmicznych w funkcji czasu i odległości od Ziemi przedstawia rys. 1. i rys. 2.



Źródło: *Orbital Debris Quarterly News*, Volume 18, issue 1, Jan. 2014, NASA, U.S.

Rys. 1. Ilość obiektów kosmicznych na orbitach bliskich Ziemi w funkcji czasu



Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Spacedebris_small.png [dostęp: 10.03.2016].

Rys. 2. Prawdopodobieństwo rozkładu obiektów na orbitach bliskich Ziemi w zależności od odległości

Czynniki mające wpływ na wzrost ilości śmieci kosmicznych można podzielić na kwestie związane z defragmentacją obiektów oraz z działaniami celowymi. Pierwsze z nich związane są z przypadkami samoistnych eksplozji satelitów, często po zakończonej misji, w wyniku szybkiego zużycia elementów odpowiedzialnych za ich prawidłowe funkcjonowanie pod wpływem oddziaływania surowych warunków środowiskowych (zmiany temperatur, promieniowanie, pogoda kosmiczna). Należy do nich również zaliczyć kolizje z innymi obiektami na orbicie, których prawdopodobieństwo wciąż wzrasta z uwagi na wynoszenie coraz większej liczby satelitów w przestrzeń kosmiczną.

11 lutego 2009 roku korporacja *Iridium Satellite LLC* potwierdziła kolizję swojego satelity telekomunikacyjnego (o masie 560 kg) z niesprawnym rosyjskim satelitą (o masie 900 kg), w wyniku której możliwe były zakłócenia w zabezpieczeniu przez firmę łączności satelitarnej. Do zderzenia doszło na wysokości ok. 790 km w następstwie czego powstała znacznych rozmiarów chmura śmieci kosmicznych. W opinii NASA przypadek ten jest drugim w kolejności tak znaczącym incydentem, w wyniku którego ilość powstałego śmiecia kosmicznego stwarza znaczące zagrożenie dla urządzeń poruszających się na niskiej orbicie okołoziemskiej.

Druga grupa czynników to, wcześniej opisane, związane z działalnością człowieka w przestrzeni kosmicznej, tj. wynoszeniem obiektów. Jednakże ich szczególny przypadek dotyczy działań postrzeganych negatywnie przez opinię międzynarodową, ponieważ służy rozwojowi broni kosmicznej.

Wraz z rozwojem technologii satelitarnych, wynoszeniem coraz większej liczby satelitów uzbrajanych w szerokie spektrum sensorów mających zastosowanie dosyć często mocno utajnione, państwa rozpoczęły działania w kierunku rozwoju technologii umożliwiających unieszkodliwianie lub niszczenie infrastruktury na orbicie. Jako pierwsze badania w tym zakresie rozpoczęły USA już pod koniec lat 50. Jednakże do końca XX wieku nie zanotowano zdarzeń, w wyniku których powstałe śmieci, po udanych zestrzeleniach satelitów, w sposób znaczący zwiększyły ryzyko zderzenia z innymi obiektami z uwagi na to, że były to próby na niskich wysokościach[6] lub nie dochodziło do bezpośredniego uderzenia w cel.

Poza USA państwa, które weszły w posiadanie technologii wynoszenia orbitalnego, także rozpoczęły prace nad rozwojem broni antysatelitarnej. 11 stycznia 2007 roku doszło do zestrzelenia, na wysokości około 860 km nad powierzchnią Ziemi, chińskiego satelity meteorologicznego. Satelita Feng Yun 1 C został trafiony rakietą średniego zasięgu, która własną masą rozbiła urządzenie. Zgodnie z informacją prasową do eksplozji nie doszło. W następstwie przeprowadzenia tego testu powstało mnóstwo śmieci kosmicznych, które z uwagi na wysokość orbity przez długie lata będą stanowiły zagrożenie dla konstelacji satelitarnych poniżej. Czasokres życia powstałych elementów szacowany jest na setki lat.

Zgodnie z analizą NASA[7] szacuje się, że w wyniku tego zestrzelenia powstało około 1 000 elementów w rozmiarze powyżej 10 cm oraz ok. 35 000 w rozmiarach 1-10 cm. Śmieci te stanowią duże zagrożenie dla konstelacji satelitów na niskiej orbicie okołoziemskiej oraz w stosunku do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. W opinii NASA jest to najbardziej poważny przypadek od czasu eksploracji kosmosu, w wyniku którego powstała ilość śmiecia kosmicznego stwarza realne zagrożenie dla infrastruktury satelitarnej.

Test potępiła opinia międzynarodowa, stwierdzając, że rozwój i testowanie podobnego rodzaju broni godzi w ducha współpracy nad pokojowym zastosowaniem technologii kosmicznej[8].

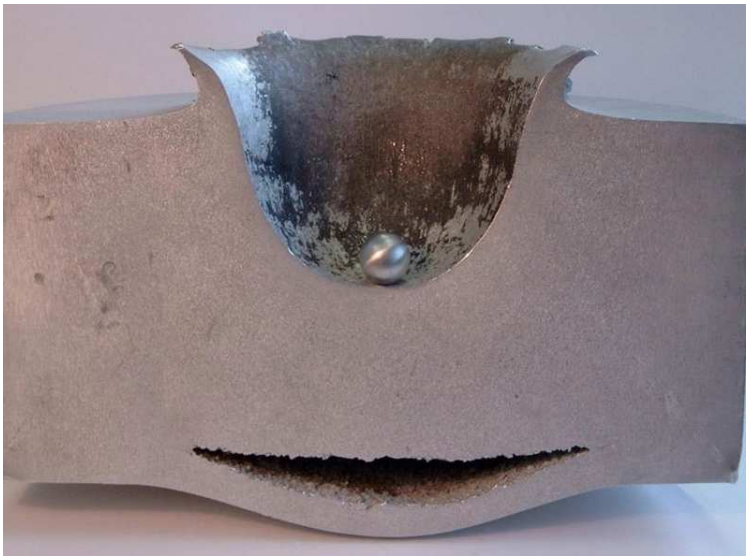
Zgodnie z przewidywaniami Donalda Kesslera ilość śmieci kosmicznych będzie stale wzrastała, o ile nie pojawią się mechanizmy powodujące ich usuwanie z orbity. Kwestia jest na tyle poważna, że obiekty, które poruszają

[6] 13 września 1985 roku z sukcesem przy użyciu rakiety ASM-135 ASAT zniszczono tonowego satelitę Solwind P78-1 poruszającego się z prędkością 24 140 km/h na wysokości ok. 555 km nad powierzchnią Ziemi. W wyniku zderzenia powstało mnóstwo elementów klasyfikowanych jako małych rozmiarów śmieci kosmiczne, jednakże ze względu na niską orbitę oszacowano, że atmosfera wyczyści utworzone z wybuchu pozostałości w ciągu dekady. Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/ASM-135_ASAT [dostęp: 10.03.2016].

[7] http://www.space.com/3415-china-anti-satellite-test-worrisome-debris-cloud-circles-earth.html [dostęp: 10.03.2016].

[8] Oświadczenie Narodowej Rady Bezpieczeństwa.

się z pierwszą prędkością kosmiczną[9] na orbicie, mogą mieć niewielkie rozmiary, a wyrządzać znaczące szkody w przypadku ich zderzenia, czy to z innymi obiektami, czy ze śmieciami, powodując w ten sposób ich lawinowy wzrost w wyniku defragmentacji. Przykłady zdarzeń z roku 2007 i 2009 zobrazowane na rys. 1. wskazują wprost, jak szybko może zmienić się sytuacja w zakresie nagłego wzrostu ilości śmiecia kosmicznego, zwiększając ryzyko zagrożenia dla wszystkiego, co tam się znajduje. Szkody powstałe w wyniku oddziaływania obiektów w kosmosie na siebie, przy tak dużych prędkościach, ilustrują testy naukowe pokazujące skalę zjawiska. Rys. 3. przedstawia efekt uderzenia 2,5 gramowej kulki aluminiowej o średnicy 12 milimetrów uderzającej z prędkością 7 km/s w aluminiową płytę o grubości 18 centymetrów. Eksperyment wykonany w związku z badaniem zagrożeń, jakie niosą mikrometeoryty.



Źródło: http://strims.pl/d/dlr.de [dostęp: 13.03.2016].

Rys. 3. Test uderzeniowy przy prędkości 7 km/s

[9] Pierwsza prędkość kosmiczna to prędkość, jaką należy nadać obiektowi, aby względem przyciągającego go ciała niebieskiego poruszał się wokół tego ciała po zamkniętej orbicie. Ze względu na siłę grawitacji prędkość ta będzie różna względem ciał niebieskich; dla Ziemi przyjmuje się wartość ok. 7.91 km/s. Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Prędkość_kosmiczna [dostęp: 13.03.2016].

Metody i sposoby usuwania śmieci z orbity

Śmieci kosmiczne krążące po niskiej orbicie okołoziemskiej, zwłaszcza te na wysokości poniżej 300 km nad powierzchnią Ziemi, w wyniku działania atmosfery i przyciągania ziemskiego powinny spalić się w atmosferze w ciągu tygodni. Satelity umieszczone wyżej, po upływie założonego czasu aktywności, przesuwa się zazwyczaj na tzw. orbitę cmentarną[10], wcześniej pozbywając się resztek paliwa lub innej energii tak, aby zminimalizować możliwość eksplozji. Natomiast pozostałe elementy, pozostałości po różnego rodzaju incydentach na orbicie m.in.: kolizjach, eksplozjach, defragmentacjach lub po prostu awariach, pozostają, ponieważ nie można ich w żaden sposób usunąć z uwagi na brak możliwości wykonania czynności manewrowania.

Zgodnie z analizami Kesslera nawet w przypadku zaprzestania wynoszenia w przestrzeń kosmiczną nowych satelitów zagrożenie to będzie stanowiło coraz większe wyzwanie dla personelu odpowiedzialnego za aktualizację danych o niebezpiecznych elementach. Kessler w jednym ze swoich opracowań z 2009 roku napisał, że *agresywne wykorzystanie przestrzeni kosmicznej bez odpowiednich zabezpieczeń może znacznie skrócić czas, w jakim dochodzi do kolizji śmieci. Jednymi z najniebezpieczniejszych dla środowiska działalności w kosmosie należą wielkie instalacje gwiezdnych wojen w latach 80., wielkie stacje paneli słonecznych, projektowane w latach 70. oraz systemy antysatelitarne wykorzystane w ciągu ostatnich 30 lat przez USA, ZSRR i Chiny. Mogą one doprowadzić do sytuacji, w której jeden satelita wywoła lawinową reakcję.*

Biorąc pod uwagę dotychczasowe zderzenia elementów na orbicie, zauważyć można wyraźnie, że prawdopodobieństwo zderzenia między dwoma znacznej wielkości obiektami jest jeszcze niewielkie (do chwili obecnej jedna kolizja takiej skali). Jednak jeżeli do takiego incydentu dochodzi w dramatyczny sposób zwiększa się ilość śmiecia kosmicznego, powodując lawinowy wzrost zagrożenia dla obiektów znajdujących się na podobnej orbicie co zaistniałe zderzenie.

Dzięki analizom Kesslera, które stały się rzeczywistością, światowe potęgi kosmiczne rozpoczęły na szeroką skalę rozwój metod umożliwiających w bezpieczny sposób usuwanie śmieci z orbity okołoziemskiej, ograniczanie

[10] Orbita cmentarna – rodzaj orbity, na której umieszczane są statki kosmiczne po zakończeniu swojego resursu. Zużyte satelity oraz rakiety nośne, nawet jeśli nie są uszkodzone, stanowią kosmiczne śmieci, które zagrażają obiektom. Zgodnie z postanowieniem ESA z 2002 r. każdy statek kosmiczny po 25 latach od zakończenia swojej misji powinien zostać zdeorbitowany i spłonąć w atmosferze lub wyniesiony 300 kilometrów powyżej orbity geostacjonarnej i pozostawiony na orbicie cmentarnej. Źródło: http://www.esa.int/ Our_Activities / Operations / Space_debris_mitigation_the_case_for_a_code_of_conduct [dostęp: 13.03.2016].

ich powstawania w trakcie cyklu wynoszenia satelitów oraz minimalizowanie czynników mających wpływ na ich generację.

Pierwsze pomysły dotyczyły np. pozbywania się nadmiaru paliwa zapobiegającego rozerwaniu zbiornika w dopalaczu rakiet i były stosowane z sukcesem już w latach 80. przez amerykańską firmę McDonnell Douglas. W chwili obecnej rozważa się konstruowanie tzw. śmieciarek, które będą pozwalały na przechwyt oraz bezpieczne wprowadzenie elementu w atmosferę do całkowitego jego spalenia. Idąc w tym kierunku, Europejska Agencja Kosmiczna powołała do życia inicjatywę *CleanSpace*, w której ramach rozwija się metody technologiczne umożliwiające przechwycenie obiektu i kontrolowane wprowadzenie go w atmosferę w celu spalenia się. W ramach ich przechwytu rozważa się budowę siatek krępujących, ramion chwytających lub wystrzeliwania różnego rodzaju harpunów, które mogłyby się wbić i w ten sposób zblokować cel. Najbardziej obiecująco, z uwagi na stały ruch elementów w przestrzeni kosmicznej, rysuje się perspektywa konstrukcji sieci wystrzeliwanej z pojazdu-śmieciarki i oplatającej cel.

Z ekonomicznego punktu widzenia misje takie nie będą tanie, dlatego też oczyszczanie orbity w przyszłości będzie zapewne finansowane przez operatorów satelitów komercyjnych, w których interesie jest dbałość o własne aktywa w przestrzeni kosmicznej, np. poprzez opodatkowanie, wydatki celowe itp. Niemniej jednak jest to bardzo istotne dla bezpieczeństwa naszego globu.

Należy zauważyć, że kwestia ta stanowi obecnie nowe wyzwanie dla społeczności międzynarodowej, co tworzy pewnego rodzaju niszę technologiczną oczekującą zagospodarowania. Polski przemysł powinien poważnie rozważyć budowę kompetencji w tym zakresie, jeżeli chciałby mieć w przyszłości systematyczny ciąg zamówień, stały dochód i stać się godnym partnerem realizującym działalność gospodarczą w obszarze kosmicznym na świecie.

Podkreślenia wymaga również fakt, że społeczność międzynarodowa rozpoczęła prace nad ustanowieniem pierwszych regulacji prawnych, zgodnie z którymi obiekty wyniesione w przestrzeń kosmiczną muszą posiadać ustalony czas działania. Po zakończeniu tego czasu w celu minimalizacji ryzyka eksplozji urządzenia powinien zadziałać mechanizm wypalenia resztek paliwa, pozbycia się energii elektrycznej i wyłączenia systemów elektronicznych. Przed tymi czynnościami powinno zostać, w zależności od orbity, ustalone, czy satelita ma zostać skierowany i spalić się samoczynnie w atmosferze, czy zostać przesunięty na orbitę cmentarną. Celem tych uregulowań jest minimalizowanie zagrożenia w stosunku do obiektów na Ziemi w trakcie niekontrolowanej deorbitacji lub wobec innych aktywów w kosmosie w trakcie eksplozji czy zderzenia.

Wybrane Inicjatywy Unii Europejskiej

W chwili obecnej Europa posiada ok. 19% wszystkich aktywnych satelitów działających w przestrzeni kosmicznej wykorzystywanych niemal w każdej dziedzinie życia obywateli. Wyłączenie choćby części infrastruktury mogłoby mieć znaczące konsekwencje dla sprawnego funkcjonowania gospodarki, dlatego monitorowanie przestrzeni kosmicznej jest kluczowe nawet w aspekcie codziennego życia obywateli. Z ekonomicznego punktu widzenia oszacowano, że straty będące następstwem niekorzystnych warunków panujących w przestrzeni kosmicznej, m.in. pogody kosmicznej oraz kolizji między obiektami na orbitach (śmieci kosmiczne, satelity itp.), szacuje się na ponad 300 mln euro rocznie.

Obserwacja orbity okołoziemskiej i obiektów się tam znajdujących realizowana była jedynie przez światowe mocarstwa, tj. USA i Rosję, później Japonię, Chiny i niektóre państwa Europy z uwagi na ochronę infrastruktury kosmicznej. W ciągu ostatnich lat, w wyniku rozpoczęcia działalności dwóch głównych programów kosmicznych UE: *Galileo* i *Copernicus*, tematyka ta stała się również przedmiotem debat politycznych ministrów odpowiedzialnych za sprawy związane z obszarem kosmosu w Europie. W rezultacie wielu spotkań i konkluzji Rady UE oceniono, że członkowie UE, satelitarny segment komercyjny i inne podmioty posiadające urządzenia w przestrzeni kosmicznej są zainteresowane utworzeniem systemu europejskiego, który zapewniałby ochronę infrastruktury kosmicznej. System taki powinien zostać utworzony pod egidą UE, wykorzystywać istniejące zdolności państw członkowskich i mieć wsparcie techniczne w zakresie badań i rozwoju ze strony Europejskiej Agencji Kosmicznej.

Parlament Europejski w 2013 roku postanowił ustanowić program wsparcia obserwacji i śledzenia obiektów kosmicznych mający na celu stworzenie systemu usług, którego celem będzie zapobieganie kolizjom w przestrzeni kosmicznej bliskiej Ziemi oraz śledzenie i monitorowanie pozycji możliwie jak największej liczby obiektów się tam znajdujących. W ślad za tym postanowieniem w dniu 16 kwietnia 2014 roku na poziomie Parlamentu Europejskiego i Rady UE została wydana decyzja nr 541/2014/UE[11] ustanawiająca ramy wsparcia obserwacji i śledzenia obiektów kosmicznych (*Space Survaillance and Tracking – SST*).

Decyzja uwzględnia Traktat o Funkcjonowaniu Unii Europejskiej na podstawie zapisów artykułu 189. dotyczącego europejskiej polityki przestrzeni kosmicznej w szczególności ust. 1 i 2 tj.[12] w celu:

[11] http://www.infor.pl/download/site/pl/oj/2014/l_158/L_-2014-158-01-0227-01-POL.pdf [dostęp: 13.03.2016].

[12] *Dz. Urz. UE 2012 C 326 wersja skonsolidowana Traktatu o Unii Europejskiej i Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej*, s. 131.

1. Wspierania postępu naukowo-technicznego, konkurencyjności przemysłowej i realizacji swoich polityk, Unia opracowuje europejską politykę przestrzeni kosmicznej. W tym celu Unia może promować wspólne inicjatywy, popierać badania i rozwój technologiczny i koordynować wysiłki niezbędne dla badania i wykorzystania przestrzeni kosmicznej.

2. Przyczynienia się do realizacji celów określonych w ustępie 1, Parlament Europejski i Rada, stanowiąc zgodnie ze zwykłą procedurą ustawodawczą, ustanawiają niezbędne środki, które mogą przybrać postać europejskiego programu kosmicznego, z wyłączeniem jakiejkolwiek harmonizacji przepisów ustawowych i wykonawczych Państw Członkowskich.

Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie uruchomienia programu wsparcia obserwacji i śledzenia obiektów kosmicznych ma na celu ustanowienie europejskiego systemu, który służyć będzie zapobieganiu kolizjom między obiektami kosmicznymi lub między obiektami kosmicznymi a śmieciami kosmicznymi oraz zapewnieniu między innymi monitorowania niekontrolowanego, ponownego wejścia statków kosmicznych lub ich części do atmosfery.

Niniejsza decyzja ma umożliwić utworzenie partnerstwa, w ramach którego państwa członkowskie UE wniosą swoje istniejące i przyszłe aktywa do systemu SST na szczeblu europejskim, zaś Unia Europejska zapewni ramy prawne i wkład finansowy[13] na realizację określonych działań.

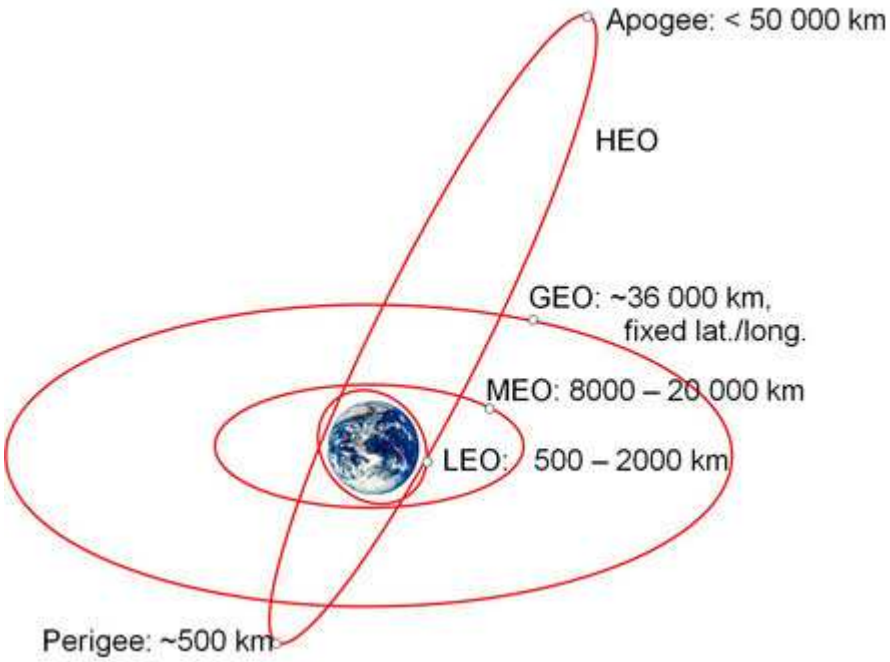
Zgodnie z tą decyzją zakres świadczenia usług systemu będzie obejmował: *informacje dla wszystkich publicznych i prywatnych operatorów infrastruktury kosmicznej, również dla Unii z uwagi na jej odpowiedzialność za unijne programy kosmiczne, szczególnie europejskie programy nawigacji satelitarnej Galileo i EGNOS ustanowione rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1285/2013, jak również program Copernicus ustanowiony rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 377/2014. Wczesne ostrzeżenia o niekontrolowanym ponownym wejściu w atmosferę i szacunki dotyczące czasu zderzenia i obszaru zagrożonego zderzeniem będą przydatne również krajowym organom publicznym odpowiedzialnym za ochronę ludności. Ponadto te usługi mogą być również interesujące dla innych użytkowników, takich jak prywatni ubezpieczyciele, na potrzeby oszacowywania potencjalnej odpowiedzialności wynikającej z kolizji w czasie cyklu eksploatacyjnego satelity. Na dłuższą metę należy przewidzieć wolny dostęp do informacji publicznej możliwej do przetworzenia, dotyczącej elementów obiektów kosmicznych, które pozostają na orbicie okołoziemskiej*[14]*.*

Główne zainteresowanie działalności systemu opierać się będzie na świadczeniu usług z obserwacji orbity okołoziemskiej do wysokości nieco

[13] Wkład z budżetu Unii Europejskiej przeznaczony na realizację ww. programu w latach 2015-2020 planowany jest na 70 mln EUR.

[14] Dziennik urzędowy Unii Europejskiej – *Decyzja 541/2014/UE*, s. 228 pkt. 9.

ponad 36 tys. km nad powierzchnią Ziemi, czyli orbity geostacjonarnej (*Geostationary Earth Orbit – GEO*), włączając zgodnie z rys. 3. orbity niższe tj. niską orbitę okołoziemską (*Low Earth Orbit – LEO*) oraz średnią (*Medium Earth Orbit – MEO*). Orbita heliocentryczna jest w mniejszym kręgu zainteresowania z uwagi na znikomą liczbę narodowych satelitów znajdujących się w tym obszarze. Rozkład badanych orbit przedstawiono na rys. 4.



Źródło: http://www.cpi.com/capabilities/ssa.html [dostęp: 13.03.2016].

Rys. 4. Rozkład badanych orbit

Podsumowanie

Ilość śmieci kosmicznych wzrasta i zgodnie z przewidywaniami Donalda Kesslera. Proces ten nie będzie spowalniał, wręcz przeciwnie, tempo jego wzrośnie, jeżeli nie zostaną stworzone rozwiązania pozwalające na:

- eliminację śmieci na orbicie (przynajmniej 5 obiektów rocznie o wielkości powyżej 10 cm);
- udoskonalenie i budowę nowych systemów śledzenia i obserwacji obiektów w przestrzeni kosmicznej w celu generowania aktualnej informacji o kolizjach, defragmentacji i deorbitacji;

- ograniczenie związków chemicznych na satelitach, które zwiększają ryzyko wybuchu po zakończonej misji (eliminacja paliwa napędowego poprzez zastosowanie napędów elektrycznych, udoskonalanie baterii słonecznych, zastępowanie elementów struktury satelity materiałami łatwo spalanymi w trakcie deorbitacji w atmosferze);
- właściwe zarządzanie przestrzenią kosmiczną, zwłaszcza w aspekcie umieszczenia na orbicie chmur satelitów (tysiące sztuk) zapewniających globalny Internet, rozpoznanie itp.;
- stworzenie norm prawnych ograniczających przeprowadzanie testów wykonywanych z każdym rodzajem broni w przestrzeni kosmicznej do niszczenia infrastruktury satelitarnej.

Biorąc te czynniki pod uwagę, trzeba być przygotowanym na to, że z upływem czasu może być coraz trudniej umieścić urządzenia w przestrzeni kosmicznej, a także uchronić od zderzeń infrastrukturę już istniejącą.

Budowa systemu obserwacji przestrzeni kosmicznej na miarę systemów z USA czy Rosji na poziomie europejskim jest właściwym kierunkiem działania. Inicjatywa taka pozwoli na ominięcie wielu przeszkód związanych z finansowaniem systemu oraz da możliwość wykorzystania doświadczenia i urządzeń, które już w tej chwili są dostępne w krajach UE.

Polska powinna dołożyć wszelkich starań, aby wejść do inicjatywy, ponieważ prestiż tego programu może w przyszłości być porównywany z głównymi inicjatywami UE, tj.: *Copernicus* i *Galileo*, w których uczestniczymy z pozycji kraju jedynie na zasadzie odbiorcy danych.

Uczestnictwo w tym programie może umożliwić:

- zaistnienie po raz pierwszy Polski w inicjatywie UE w zakresie kosmosu ze strony wykonawcy systemu;
- dołączenie na zasadzie partnerskiej do państw przodujących w Europie w obszarze działań związanych z rozwojem sektora kosmicznego;
- absorpcję środków europejskich (przeznaczanych wyłącznie dla państw – członków realizujących zadania na rzecz inicjatywy).

Udział w tym programie UE to nie tylko wymierne efekty ekonomiczne i prestiż, lecz także budowa kompetencji w sektorze, który wciąż uznawany jest za swego rodzaju niszę na poziomie światowym.

Bibliografia

1. *Cosmic Study on Space Traffic Management*, International Academy of Astronauts, Paris, 2006.

2. *Decyzja Parlamentu Europejskiego I Rady Nr 541/2014/UE z dnia 16 kwietnia 2014 r. ustanawiająca ramy wsparcia obserwacji i śledzenia obiektów kosmicznych.*

3. Feasibility study of an innovative surveillance system for space debris observations in LEO based on optical telescopes, Politecnico Di Milano Facoltà di Ingegneria Industriale Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Spaziale, Milano, 2010.
4. Hall Loretta, *The History of Space Debris*, Space Traffic Management Conference, Embry-Riddle, Aeronautical University, 2014.
5. *Office of Technology Assessment: Ballistic Missile Defense Technologies*, University Press of Pacific, Honolulu, Hawaje, 2002.
6. *Orbital Debris Quarterly News*, Volume 18, issue 1, Jan. 2014, NASA, U. S.
7. *Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*, United Nations Office for Outer Space Affairs, 2010.
8. *Space Debris Mitigation: The Case for a Code of Conduct, European Space Agency,* Science Daily, April 25, 2005.
9. The History of Space Debris – Loretta Hall, 2014.

Strony internetowe

1. http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1977-090A.
2. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Spacedebris_small.png.
3. https://pl.wikipedia.org/wiki/Kosmiczne_śmieci.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Bold_Orion.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/ASM-135_ASAT.
6. http://www.space.com/3415-china-anti-satellite-test-worrisome-debris-cloud-circles-earth.html.
7. http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/Space_debris_mitigation_the_case_for_a_code_of_conduct.
8. http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compendium.html.
9. http://www.unoosa.org/.
10. http://www.spacesafetymagazine.com/news/uncopuos-legal-subcommittee-session-vienna/.
11. http://commons.erau.edu/stm/.
12. http://www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/news/bullet-dodge.html#.Vwqw5KSLSUm.

CREATION AND SPREADING OF SPACE DEBRIS IN THE LIGHT OF EUROPEAN UNION'S REGULATIONS

Abstract: The article concerns space debris which poses a growing threat not only for objects in space but for infrastructure on the Earth as well.

This is a serious problem due to the growing number of satellites in orbit. Satellites after completing the mission and their fragments constitute a threat to other satellites. The main reasons of debris growth is defragmentation, deorbitation and collisions in orbit. There should also be mentioned activities connected with conducting anti-satellite weapon tests resulting in a possible significant growth of threat to space infrastructure.

More and more entities are interested in developing capabilities which deliver information that could indirectly protect their assets in space and reduce losses generated by space debris counting to millions of euros.

Creating a complementary system is expensive, therefore new solutions are being sought which on the principle of cooperation could deliver expected services, enabling the application of experience and equipment in hands of some EU countries.

Taking the above into consideration, efforts should be exerted to build such services and participate in them from the position of a country and not only a data recipient.